

VERFAHREN ZUM BESCHICHTEN VON SUBSTRATOBERFLÄCHEN

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Beschichten von Substratoberflächen, welches insbesondere der Modifizierung der Oberflächen dient. Letzteres wiederum insbesondere im Hinblick auf die gezielte Anpassung der Hydrophilie oder Hydrophobie der Oberfläche der Substrate. Des Weiteren zielt die Erfindung auf die Stabilisierung von Partikeln gegen Flockulation. Ein weiteres wesentliches Einsatzgebiet ist die Verbesserung der Resistenz der Substratoberflächen gegen umgebende Medien. Ferner lassen sich die Substrate über ihre Oberflächen an Medien anpassen, mit denen die Substrate nachfolgend zur Beschichtung in Kontakt gebracht, in diese eingebracht oder eingearbeitet werden.

Dieses Thema ist beispielsweise bei Pigmenten von Interesse, um diese besser in zu pigmentierende Farben und Lacke einarbeiten zu können und sie dann in dem Zielmedium stabil dispergiert zu halten.

Weitere Anwendungsgebiete liegen in der Behandlung von Stahl, verzinktem Stahl, Aluminium oder Aluminiumlegierungen, die so gegen Korrosion geschützt und für die Applikation von gut haftenden Lackschichten vorbereitet werden können.

Aus dem britischen Patent GB-1,077,422 ist eine Pigmentdispersion für wasser-verdünnbare Farben und Lacke bekannt, bei denen zur besseren Dispergierbarkeit der Pigmente im wasserverdünnten Zustand und auch zur Verbesserung der Möglichkeit des Redispergierens von Pigmenten der Farb- bzw. Lackzusammensetzung ein teilweise verseiftes Polyvinylacetat oder ein wasserlösliches, partiell verethertes Derivat hiervon oder eines Polyvinylalkohols der Menge von mindestens 5 Gew.% basierend auf dem Gewicht der Pigmente in der Dispersion zugefügt ist.

Aus dem US-Patent 4,127,422 A sind trockene Pigmentzusammensetzungen bekannt, welche neben dem Pigment 15 bis 45 Gew.% eines nicht-ionischen dispergierenden Agens und 10 bis 67 Gew.% eines wasserdispergierbaren, mindestens teilweise hydrolysierten Polymers auf Vinylacetatbasis oder eines Polymers auf N-Vinylpyrrolidonbasis enthält.

Aus Br. Polym. J. 1996, Vol. 1, Seiten 266 bis 272, sind Untersuchungen bekannt, bei denen die Dispergierbarkeit von Ruß mit acht verschiedenen Typen von Polyvinylalkohollösungen untersucht wurden, bei denen der Grad der Hydrolyse, d. h. die Zahl der freien Acetatgruppen variiert wurde. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Polyvinylalkoholkomponente auf den Rußpartikeln adsorbiert wird und in der Folge den Kontaktwinkel von Wasser auf Rußpartikeln verändert. Es wurde dabei gefunden, dass offensichtlich schon geringe Adsorptionslevels ausreichen, um eine hydrophile Oberfläche bei den Rußpartikeln zu erzeugen.

Die bisher bekannten Verfahren zur Herstellung von homogen beschichteten Substratoberflächen, insbesondere bei Partikeln, sind relativ aufwändig, beispielweise verlangt das US-Patent 4,127,422 eine aufwändige Sprühtrocknung, was wiederum eine ausreichende Temperaturstabilität der Substrate selbst voraussetzt. Darüber hinaus erhält man bei diesem Verfahren ein Gemisch von beschichteten Teilchen einerseits und isoliert vorliegendem Polymer andererseits, d. h. das eingesetzte Polymer wird im Endprodukt sowohl in abgelagerter Form als auch in Reinform vorgefunden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Beschichtung von Substratoberflächen und insbesondere zur Beeinflussung von deren Hydrophilie bzw. Hydrophobie zu schaffen, mit dem dieser Effekt einfach und ohne großen Aufwand erzielt werden kann und bei dem darüber hinaus ein Abtrennen von nicht an der Oberfläche abgelagertem Polymer vorgenommen werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren wie in Anspruch 1 definiert gelöst.

Die Solvolyse dient in dem erfindungsgemäßen Verfahren dazu, die Löslichkeit des Polymeren in dem Lösemittel in Gegenwart des Substrats herabzusetzen und so zu einer Ablagerung und/oder Immobilisierung des Polymers auf der Substratoberfläche zu führen. Hier sind häufig sehr starke Effekte zu erzielen. Die erzielbare Ablagerung geht über eine bloße Adsorption des Polymeren an der Oberfläche hinaus und lässt insbesondere eine Kontrolle der Dicke der abgelagerten Schicht zu. Somit ist die Möglichkeit eröffnet, gezielt gewünschte Schichtdicken der Beschichtung aufzubauen.

Arbeitet man bei der Solvolyse in wässrigen Medien, dann können freie Hydroxyl- und Carboxylgruppen erhalten werden. In alkanolhaltigen Medien können Ester und Ether als Reaktionsprodukte erhalten werden.

Die Anzahl der freien Hydroxyl- bzw. Carboxylgruppen und damit die der Substratoberfläche aufgeprägte Hydrophilie oder Hydrophobie lässt sich sehr einfach durch die Variation der Reaktionszeit bestimmen.

Damit ist außerdem das Zeta-Potenzial beeinflussbar, welches von der Zahl der Ladungsträger an der Oberfläche abhängt.

Für die Durchführung der Solvolysereaktionen ist häufig bereits Raumtemperatur oder ein Temperaturbereich von 20 bis 25 °C ausreichend, so dass sich eine thermische Beanspruchung des Substrats vermieden lässt.

Die Polymere werden bevorzugt mit einem Molekulargewicht von 1.000 bis 50.000 eingesetzt, insbesondere wenn das Substrat ein partikelförmiges Substrat ist. Bei flächigen Substraten liegt die bevorzugte Obergrenze des Molekulargewichtes bei 500.000.

Bevorzugte Polymere werden gemäß der vorliegenden Erfindung ausgewählt aus Polyvinylalkoholen, Polysäurederivaten, Polyvinylhalogeniden sowie Polyvinylethern.

Unter die bevorzugten Polyvinylsterne fallen insbesondere Polyvinylester, z.B. Polyvinylacetat sowie Polyvinylalkohol-Acetale.

Unter bevorzugte Beispiele für Polysäurederivate fallen Polysäureester, z.B. Maleinsäureester-Copolymere, Polyacrylsäureester und deren jeweilige Derivate, Polysäureanhydride, z.B. Polymaleinsäureanhydrid-Derivate, und Polysäurehalogenide.

Daneben sind die schon erwähnten Polyvinylhalogenide und Polyvinylether von Bedeutung.

Bevorzugte Polymere weisen in Seitenketten und/oder der Hauptkette der Polymermoleküle ungesättigte Gruppen (insbesondere Doppelbindungen) auf.

Als Lösemittel kommt in der Regel ein organisches Lösemittel zum Einsatz.

Bevorzugt eingesetzte Polymere weisen sogenannte Ankergruppen auf oder bilden diese bei der Solvolyse aus, welche der Immobilisierung des Polymers dienen. Beispiele für Ankergruppen sind: Carboxyl-, Amino-, Hydroxyl- und Mercaptogruppen.

Bevorzugt wird das Polymere nach dessen Ablagerung auf der Substratoberfläche modifiziert und gleichzeitig vernetzt. Hier findet eine Immobilisierung statt, falls nicht bereits durch den Solvolysevorgang eine Immobilisierung erzielt wurde.

Hierbei erhält man dann eine Substratoberfläche mit der gewünschten hydrophilen oder hydrophoben Eigenschaft und gleichzeitig eine Stabilisierung der Beschichtung der Oberfläche.

Die Vernetzungsreaktion kann radikalisch oder als Kondensationsreaktion oder Additionsreaktion durchgeführt werden.

Die Beschichtung auf der Oberfläche des Substrats weist eine gewisse Elastizität auf und kann Unterschiede im thermischen Ausdehnungskoeffizienten mit der darunter liegenden Substratoberfläche problemlos ausgleichen. Ein Abplatzen der Beschichtung, wie dies beispielsweise bei schützenden spröden Oxidschichten aus Aluminiumoxid oder Siliziumdioxid oder auch Chromaten beobachtet wird, wird mit dem vorliegenden Verfahren und den Polymerbeschichtungen sicher vermieden.

Das Substrat, das gemäß dem vorliegenden Verfahren mit einer Oberflächenbeschichtung ausgerüstet werden kann, kann zum einen ein partikelförmiges Substrat sein, zum anderen aber auch ein flächiges Substrat wie z.B. ein Metallblech.

Im Fall, dass als Substrat ein partikelförmiges Substrat verwendet wird, wird das Polymere bevorzugt mit einer Molmasse von 1.000 bis 50.000 g/mol verwendet.

Im Fall, dass Substrate als flächige Substrate zur Anwendung kommen, wird das Polymere ausgewählt mit einer Molmasse von 1.000 bis 500.000 g/mol.

Bei den partikelförmigen Substraten bietet sich eine Vielzahl von Substraten an, beispielsweise Pigmente, Füllstoffe, Fasern, Nanopartikel, Partikel aus kolloidalen oder micellaren Systemen oder auch die eingangs bereits angesprochenen plättchenförmigen Partikel, die in Metalliclacken zum Einsatz kommen.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet sich insbesondere an, um sehr dünne Schichten, sogenannte Nanoschichten, auf einer Substratoberfläche aufzubrin-

gen, wobei diese Nanoschichten trotz ihrer geringen Schichtdicke eine dichte Belegung der Oberfläche des Substrates bieten können.

Besonders geeignete Reaktionen zur Immobilisierung der abgeschiedenen Schichten:

Durch Teilsolvolyse von z.B. Polymaleinsäureanhydrid-Polymer-Derivaten oder anderen reaktiven Polysäurederivaten ist es prinzipiell möglich, über oberflächenständige nukleophile Gruppen, wie z.B. OH-, NH-, oder SH-Gruppen, die Polymerschichten an die Oberfläche in einem nachträglichen Schritt (z.B. thermische Behandlung der nachbehandelten Substrate) anzubinden.

Wird nach einer Behandlung eines Substrats durch eine Solvolyse von Polyvinylestern (z.B. Polyvinylacetat) ein Polymaleinsäureanhydrid-Derivat (z.B. kommerzielles Polystyrol-Polymaleinsäureanhydrid-Copolymer) zugegeben und dieses teilweise solvolysiert, so kann die insgesamt abgeschiedene Polymerschicht durch eine nachfolgende thermische Behandlung immobilisiert werden.

Analoge Reaktionen, die zu einer Immobilisierung führen, sind auch mit entsprechend funktionalisierten Polyvinylhalogeniden (z.B. Polyvinylacetat-Polyvinylchlorid-Copolymeren) bzw. durch gemeinsame Solvolyse von Polyvinylestern mit Polyvinylhalogeniden möglich.

Ferner können olefinische Polymerschichten relativ leicht erzeugt werden, welche eine radikalische Vernetzung ermöglichen. Zur Erzeugung dieser olefinischen Polymerschichten auf Substraten werden Ester von Polyvinylalkohol mit ungesättigten Carbonsäuren (z.B. Zimtsäureester; relativ einfach zugänglich über eine Zwei-Phasenreaktion) in Anwesenheit des Substrates teilsolvatisiert. Bei geeigneter Wahl des Lösemittels und der Solvolysebedingungen bildet sich dann eine Polymerschicht, die danach radikalisch vernetzt werden kann.

Eine olefinische Polymerschicht kann auch erzeugt werden durch z.B. Solvolyse von Polyvinylacetat-Derivaten zu Polyvinylalkohol-Derivaten in Anwesenheit des

Substrates. Durch thermische Belastung auf über 150 °C wird Wasser abgespalten und es bilden sich konjugierte Doppelbindungssysteme. Diese Wasserabspaltung wird bei Anwesenheit von Carbonylgruppen im Polymer wesentlich erleichtert.

Besondere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens:

- **Stabilisierung von Partikeln in Dispersionen**
- **Einfache Durchführung der Nachbehandlung**
- **Relativ umweltfreundlich durch bevorzugte Anwendung von Alkoholen als Solvens**
- **Steuerung der Hydrophilie/Hydrophobie durch Änderung der Solvolysebedingungen wie z.B. Art des Lösemittels, Konzentrationsverhältnisse**
- **Steuerung der Ladung auf der Oberfläche durch alleinige bzw. zusätzliche Solvolyse von Polysäurederivaten**
- **Einfache Möglichkeiten der Vernetzung/Immobilisierung der Schichten und leichte Reinigung von überschüssigem Polymer**

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Substrat mit einer polymerbeschichteten Oberfläche, welche hergestellt ist nach einem der vorstehend diskutierten erfindungsgemäßen Verfahren.

Hierbei sind insbesondere Substrate mit einer Beschichtung mit einer sogenannten Nanoschicht von Bedeutung und insbesondere auch Substrate, die ein metallisches Substrat sind.

Besondere Bedeutung gewinnt die vorliegende Erfindung bei der Oberflächenbeschichtung von Stahl-, verzinkten Stahl-, Aluminium- oder Aluminiumlegierungssubstraten.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann mehrfach wiederholt werden, um damit die Schichtdicke der Abscheidung auf der Substratoberfläche zu erhöhen. Insbesondere bei flächigen Substraten, bei denen in der Tendenz höhere Molmassen bei

den Polymeren günstig sind, erhält man pro Verfahrensschritt oder Ablagerungsschritt eine größere Schichtdicke.

Dies und weitere Vorteile der Erfindung werden im Folgenden an Hand der Beispiele und Figuren noch näher erläutert. Es zeigen im Einzelnen:

Figur 1 und Figur 2: Sedimentationszeit von Titandioxid bei unterschiedlicher Oberflächenbeschichtung;

Figur 3: Randwinkel in Abhängigkeit der Modifizierung der Oberflächenbeschichtung durch die erfundungsgemäße Solvolyse; und

Figur 4: Probenhelligkeit verschiedener Proben nach Kondenswas-
sertest.

Beispiele:

Beispiel 1: Behandlung von Titandioxid

36 g Titandioxid Kronos 2310 werden in einer Lösung von 1,8 g PVAc (ca. 17.400 g/mol, Fa. Aldrich) in 200 ml eines Ethanol/Isopropanol-Gemisches (Volumenverhältnis 1:1) am Dissolver unter Verwendung von Zirkoniumoxidperlen (ca. 3 mm) bei 23 °C und 1.000 U/min dispergiert. Nach 30 min. werden 1,0 g KOH, gelöst in 15 ml Isopropanol, zugegeben. Nach 30 min. Solvolyse werden 3,0 ml reine Essigsäure hinzugefügt und anschließend noch 15 min. nachdispertiert, so dass die gesamte Dispergierzeit 75 min. beträgt. Die Solvolysereaktion läuft hier kinetisch kontrolliert ab.

Es wird von den Perlen abgesiebt und mit 50 ml Isopropanol nachgespült. Am Rotationsverdampfer wird unter Vakuum bei 50 °C die Flüssigkeit abgezogen. Danach wird der Pigmentkuchen vorsichtig zweimalig mit destilliertem Wasser

gespült, um die Hauptmasse an Elektrolyt zu entfernen. Das Pigment wird so-
dann bei Raumtemperatur getrocknet.

Ein nach dem oben genannten Verfahren modifiziertes Titandioxid (Solvolyse-
dauer 30 min.) eignet sich gut für wässrige Systeme.

Wird dagegen die Solvolyse nur 15 min. lang durchgeführt, so wird ein Titandi-
oxid erhalten, das sich sehr gut für organische Lösemittelsysteme eignet, da hier
noch ein größerer Anteil an Restacetylgruppen vorhanden ist.

Ergebnisse zu Beispiel 1:

Titandioxid Kronos 2310, behandelt durch 15 min Solvolyse von PVAc (Molmasse
17.400 g/mol, Fa. Aldrich) zeigte eine gute Benetzung und Stabilisierung in or-
ganischen Lösemitteln.

Eingearbeitet in einen physikalisch trocknenden Einkomponenten-Polyester/ Po-
lyacryl-Mischlack zeigte die auf eine Glasplatte applizierte, getrocknete Lack-
schicht bei dem nachbehandelten Titandioxid-Pigment keine Enthaftung und
keine Blasenbildung im Kondenswassertest (DIN 50 017) bei 72 h Belastung im
Gegensatz zu Lackschichten, pigmentiert mit dem kommerziellen ursprünglichen
Pigment (Enthaftungserscheinungen an mehreren Stellen und Bildung von grö-
ßen Blasen).

Auch in Sedimentationsversuchen zeigten sich die erfindungsgemäß behandelten
Pigmente deutlich überlegen gegenüber kommerziellen Pigmenten. Zur Durch-
führung der Sedimentationsversuche wurden jeweils 0,1 g Pigment (kommerziell
bzw. nachbehandelt) in 10 ml Flüssigkeit (destilliertes Wasser als wässriges bzw.
Butylacetat als organisches Medium) eingewogen und 15 min. bei 23 °C und
3.000 U/min. unter Verwendung einer Metallscheibe dispergiert. Es wurde 72 h
bei Raumtemperatur stehengelassen, mit jeweils 8 ml Flüssigkeit verdünnt und in
20 ml Reagenzgläser gefüllt. Die Sedimentation wurde verfolgt, indem die zeitli-

che Änderung der relativen Streulichtintensität in Abhängigkeit von der Zeit bei 10 cm Reagenzglashöhe verfolgt wurde.

a) Sedimentationsversuche in Butylacetat

Aus den Ergebnissen der Sedimentationsversuche in Figur 1 ergibt sich für das in situ durch 15 min. Solvolyse nach dem oben angegebenen Verfahren nachbehandelte Titandioxid (Titandioxid 2) eine erheblich verbesserte Benetzung und Stabilisierung nach der Dispergierung in Butylacetat als für das unbehandelte Pigment (Titandioxid 1).

b) Sedimentationsversuche in Wasser

Werden die gleichen Versuche in Wasser durchgeführt (Figur 2), so wird ebenfalls für das nach dem obigen Verfahren durch 30 min. in situ Solvolyse nachbehandelte Pigment (Titandioxid 3) nach der Dispergierung eine bessere Benetzung und eine erheblich bessere Stabilisierung festgestellt als für die anderen beiden Pigmente. Das Pigment Titandioxid 2 (nachbehandelt in Anlehnung an das US-Patent 4,127,422) zeigt nur eine geringfügig verbesserte Stabilisierung im Vergleich zum unbehandelten Pigment (Titandioxid 1) in Wasser.

Beispiel 2: Behandlung von flächigen Substraten wie z.B. einer Aluminiumplatte

Um ein geeignetes lösliches Polymer mit solvolysierbaren ungesättigten Estergruppen (ungesättigter Polyvinylester) zu synthetisieren, wurde ein Polyvinylalkohol mit einer Molmasse von ca. 12.000 g/mol mit Säurechloriden in einer Zwei-Phasenreaktion gemäß [M. Tsuda, J. Polym. Sci. B, 1, Polym. Letters, 1963, 215] umgesetzt. Als Säurehalogenidkomponente wurde nicht nur Zimtsäurechlorid, sondern eine Mischung aus Fumarsäurechlorid (10 mol%), Zimtsäurechlorid (10 mol%), Crotonsäurechlorid (25 mol%) und Acetylchlorid (55 mol%) verwendet.

Beschichtung von Aluminiumplatten:

1 g des erhaltenen ungesättigten Polyvinylesters wurde in einer Mischung aus 12 g Ethanol, 12 g Isopropanol, 5 g Butanol und 36 g Toluol in einem geeigneten Schraubdeckelglas gelöst.

In die so hergestellte Polymerlösung wurden zwei Aluminiumplatten (Al 99,5; Größe: 70 x 25 x 1,5 mm) gegeben und 100 µl 15%ige ethanolische Kaliumhydroxid-Lösung hinzugefügt.

Eine der Aluminiumplatten wurde nach 45 min. herausgenommen, mit Isopropanol und Wasser kurz abgespült und getrocknet, während die zweite beschichtete Aluminiumplatte nach 60 min. aus dem Beschichtungsmedium entnommen und ebenfalls mit Isopropanol und Wasser kurz abgespült wurde. In Figur 3 sind die Ergebnisse der Randwinkeluntersuchung unter Verwendung von destilliertem Wasser als flüssige Phase dargestellt.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, nimmt der Randwinkel von Wasser um so mehr ab, je länger die Proben der Solvolyse ausgesetzt waren. Da der Solvolysegrad von Polyvinylalkoholestern bei der ausschließlichen Verwendung von Alkoholen als Solvent kinetisch kontrolliert ist [C. A. Finch, *Polyvinyl Alcohol - Properties and Applications*, John Wiley & Sons, London, 1973], nimmt auch die Hydrophilie der Beschichtung mit zunehmender Solvolysezeit zu, bzw. der Randwinkel gegenüber Wasser ab. Die gefundene Entwicklung des Randwinkels konnte bei Belastung der Proben durch einen Kondenswassertest (DIN 50 017) bestätigt werden. Erwartungsgemäß sollte die Korrosion der Aluminiumprobe im Kondenswassertest (DIN 50 017) um so stärker sein, je höher die Hydrophilie der Beschichtung ist bzw. je geringer der Randwinkel der Oberfläche mit Wasser wird. Eine relative Abschätzung des Ausmaßes der Korrosion kann durch Helligkeitsmessungen an den belasteten Proben vorgenommen werden. Ein hoher Helligkeitsverlust steht im Normalfall auch einer erhöhten Korrosion gegenüber. Die Ergebnisse einer Helligkeitsmessung nach 24 h Belastung der drei unterschiedlichen Aluminiumproben im Kondenswassertest (DIN 50 017) bei 40 °C ist in Figur 4 gezeigt.

Einer höheren Hydrophille bzw. einem geringeren Kontaktwinkel in Figur 3 steht somit eine erhöhte Korrosionsneigung bzw. ein geringerer Helligkeitswert (Figur 4) gegenüber.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Beschichten von Substratoberflächen, dadurch gekennzeichnet, dass ein Polymer mit derivatisierten Hydroxyl- und/oder Carboxylgruppen und/oder CN-, Halogen- und/oder Aminosubstituenten in Lösung mit der Oberfläche des Substrats in Kontakt gebracht wird, die derivatisierten Hydroxyl- und/oder Carboxylgruppen bzw. CN-, Halogen- und/oder Aminosubstituenten solvolysiert werden und damit das Polymer in eine Form mit verminderter Löslichkeit überführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Solvolyse nur partiell durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer ungesättigte Gruppen in Seitenketten und/oder in der Hauptkette umfasst.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer Ankergruppen aufweist und/oder bei der Solvolyse ausbildet, die der Immobilisierung des Polymers dienen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach der Beschichtung der Substratoberfläche mit dem Polymer eine Immobilisierung mittels Vernetzungsreaktion nach der Solvolyse durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vernetzungsreaktion eine radikalische, eine Additions- oder eine Kondensationsreaktion ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche des Substrats nach der Immobilisierung des Polymeren gewaschen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ein partikelförmiges Substrat ist und dass das Polymere eine Molmasse von 1.000 bis 50.000 g/mol aufweist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ein flächiges Substrat ist und dass das Polymere eine Molmasse von 1.000 bis 500.000 g/mol aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das partikelförmige Substrat ausgewählt ist aus Pigmenten, Füllstoffen, Fasern, Nanopartikeln und Partikeln aus kolloidalen oder micellaren Systemen.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Substratoberfläche mit einer Nanoschicht eines Polymeren beschichtet wird.
12. Substrat mit einer mit einem Polymer beschichteten Oberfläche, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11.
13. Substrat nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung eine Nanoschicht ist.
14. Substrat nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ein metallisches Substrat ist.
15. Substrat nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat aus Stahl, verzinktem Stahl, Aluminium oder einer Aluminiumlegierung hergestellt ist.

16. Substrat nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ein partikelförmiges Substrat ist, ausgewählt aus Pigmenten, Füllstoffen, Fasern oder plättchenförmigen Partikeln, Nanopartikeln und Partikel aus kolloidalen oder micellaren Systemen.